

①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ Gebrauchsmuster
⑩ DE 297 05 934 U 1

⑳ Aktenzeichen: 297 05 934.3
㉔ Anmeldetag: 3. 4. 97
㉕ Eintragungstag: 5. 6. 97
㉖ Bekanntmachung
im Patentblatt: 17. 7. 97

⑤① Int. Cl. 6:
A 61 C 19/04
A 61 C 1/08
A 61 B 6/14
F 21 S 5/00
G 02 B 6/00
G 01 N 21/64

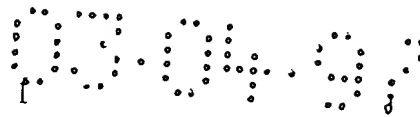
⑦③ Inhaber:
Kaltenbach & Voigt GmbH & Co, 88400 Biberach, DE

⑦④ Vertreter:
Mitscherlich & Partner, Patent- und Rechtsanwälte,
80331 München

Rechercheantrag gem. § 7 Abs. 1 GbmG ist gestellt

⑤④ Diagnose- und Behandlungsvorrichtung für Zähne

DE 297 05 934 U 1



„Diagnose- und Behandlungsvorrichtung für Zähne“

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Diagnosevorrichtung für Zahngewebe nach dem
5 Oberbegriff des Schutzanspruches 1.

Es ist bekannt, den Gesundheitszustand von Zähnen, beispielsweise das Vorhandensein von Karies, Plaque oder bakteriellem Befall an Zähnen, durch visuelle Untersuchung oder durch Verwendung von Röntgenstrahlen zu entdecken. Mit Hilfe einer visuellen
10 Untersuchung lassen sich jedoch häufig keine zufriedenstellenden Ergebnisse erzielen, da sich beispielsweise Karies im Frühstadium oder an einem schwer einsehbaren Zahnbereich nicht feststellen läßt. Obwohl sich andererseits Röntgenstrahlen als sehr wirksame Art zur Feststellung eines Kariesbefalls oder anderer Zahnkrankheiten herausgestellt haben, ist auch dieses Untersuchungsverfahren aufgrund der schädigenden Wirkung der Röntgenstrahlen
15 für die menschliche Gesundheit nicht optimal. Es bestand daher das Bedürfnis nach der Entwicklung einer neuen Technik, um den Gesundheitszustand von Zähnen, insbesondere das Vorhandensein von Karies, Plaque oder bakteriellem Befall an Zähnen, feststellen zu können.

20 Es wurde daher ein berührungsloses Diagnoseverfahren zum Feststellen von Karies, Plaque oder bakteriellem Befall an Zähnen vorgeschlagen, wobei der Zahn mit einer nahezu monochromatischen Lichtquelle bestrahlt wird. Aufgrund der Bestrahlung des Zahnes mit monochromatischem Licht wird an dem Zahn eine Fluoreszenzstrahlung angeregt, wobei das Fluoreszenzspektrum deutliche Unterschiede zwischen gesunden und
25 kranken Zahnbereichen aufweist. Durch die Erfassung und Auswertung des Fluoreszenzspektrums des auf diese Weise bestrahlten Zahnes kann somit eindeutig ein gesunder Zahn - bzw. Gewebebereich von einem kranken Zahn - bzw. Gewebebereich unterschieden werden. Entsprechende zahnärztliche Vorrichtungen zum Erkennen von Karies, Plaque oder bakteriellem Befall an Zähnen sind beispielsweise aus der DE-C2 30
30 31 249, DE-A1 42 00 741 und DE-U1 93 17 984 bekannt.



Fig. 3 zeigt ein Beispiel einer derartigen bekannten Diagnosevorrichtung. Eine Lichtquelle 1 erzeugt eine Anregungsstrahlung 2, die über eine Einkopplungslinsenordnung 3 einem Lichtleiter 4 zugeführt und somit auf einen zu untersuchenden Bereich 6 eines Zahnes 5 gerichtet wird. Durch die nahezu monochromatische Anregungsstrahlung 2 wird an dem bestrahlten Zahnbereich 6 eine Fluoreszenzstrahlung 7 angeregt, die beispielsweise von einem weiteren Lichtleiter 8 erfaßt und über ein (optionales) Spektralfilter 9 einer Erfassungseinrichtung 10 zum Erfassen und ggfs. Auswerten der Fluoreszenzstrahlung 7 des Zahnes 5 zugeführt wird. Durch die Anregungsstrahlung 2 wird die Fluoreszenzstrahlung 7 über einen relativ breiten Spektralbereich hervorgerufen. Durch das Zwischenschalten des Spektralfilters 9 kann daher dieser breite Spektralbereich der Fluoreszenzstrahlung 7 auf bestimmte zu untersuchende Spektralbereiche beschränkt werden. Die Erfassungseinrichtung 10 zeigt beispielsweise die Intensität der Fluoreszenzstrahlung 7 an, so daß ein Betrachter unmittelbar durch Vergleich der Intensität mit der Intensität eines gesunden Zahnbereiches auf das Vorhandensein von Karies, Plaque oder bakteriellem Befall schließen kann.

Nachdem beispielsweise der bestrahlte Zahnbereich 6 als kariös erkannt worden ist, wird dieser Zahnbereich 6 entsprechend behandelt, um den ursprünglichen Gesundheitszustand des Zahnes 5 wieder herzustellen. Dabei wird verbreitet eine Laserbehandlung durchgeführt, bei der die kariösen Stellen eines Zahnes beispielsweise mit einem gepulsten Laserstrahl behandelt werden. Zu diesem Zweck muß somit neben der obengenannten Diagnosevorrichtung eine zusätzliche Behandlungsvorrichtung vorgesehen sein, wobei ein behandelnder Zahnarzt ständig zwischen den beiden Vorrichtungen wechseln muß, um einerseits den Gesundheitszustand überprüfen und andererseits eine entsprechende Behandlung einleiten zu können. Insbesondere muß der behandelnde Zahnarzt die Laserbehandlung wiederholt unterbrechen, um mit Hilfe der Diagnosevorrichtung kontinuierlich die erkrankte oder befallene Stelle des behandelten Zahnes überprüfen zu können, da eine Laserbehandlung eines Zahnbereiches nur so lange zweckmäßig ist, wie tatsächlich ein kranker Zahnbereich vorhanden ist. Abgesehen davon, daß zu dem zuvor genannten Zweck zwei getrennte Vorrichtungen erforderlich sind, was nicht nur die Anschaffungskosten, sondern auch den Platzbedarf erhöht, ist auch das zuvor genannte Verfahren für einen behandelnden Arzt aufwendig und zeitintensiv.

In der DE - A1 - 40 15 066 wurde daher die Kombination eines Behandlungslasers mit einem Diagnosegerät vorgeschlagen, wobei jedoch das Diagnosegerät den Gesundheitszustand eines Zahnbereiches auf der Basis der sogen. Differenzreflektometrie

5 erfaßt. So wird der zu untersuchende Zahnbereich mit weißem Licht einer Xenonlampe kontinuierlich bestrahlt und gleichzeitig das von dem bestrahlten Zahnbereich reflektierte Licht erfaßt, wobei das auf diese Weise erhaltene Reflexionsspektrum durch das Spektrum einer Referenzprobe dividiert wird, wodurch Einflüsse der Lampenschwankung ausgeglichen werden können. In einem Rechner befinden sich die typischen Spektren von

10 zu berücksichtigenden Gewebearten, so daß durch Formenvergleich zwischen dem aktuell gemessenen Spektrum und den vorher abgespeicherten Spektren entschieden werden kann, ob ein kranker oder gesunder Zahnbereich vorliegt. Das weiße Licht der Xenonlampe wird dem zu untersuchenden Zahnbereich über einen Lichtleiter zugeführt, der ebenfalls das Licht eines Behandlungslasers, beispielsweise eines Excimer- oder Festkörperlaser, auf

15 den zu untersuchenden Zahnbereich richtet. Der Behandlungslaser wird freigegeben, wenn der untersuchte Zahnbereich als krank identifiziert worden ist, um dann den kranken Zahnbereich zu behandeln.

Wie bereits zuvor beschrieben worden ist, beschreibt die DE-A1-40 15 066 lediglich die

20 Diagnose eines Zahnbereiches aufgrund der sogen. Differenzreflektometrie. Die Differenzreflektometrie arbeitet jedoch auf der Basis einer Farbmessung, welche im UV- sowie im sichtbaren Wellenlängenbereich mit Hilfe eines teuren und aufwendigen Spektrometers zur Detektion der Reflexionsstrahlung und einer ebenfalls aufwendigen Beleuchtungseinrichtung, nämlich der Xenonlampe, zur Beleuchtung des zu

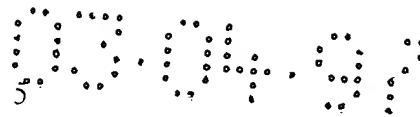
25 untersuchenden Zahnes mit weißem Licht durchzuführen ist. Die Differenzreflektometrie kann jedoch leicht durch Umgebungslichteinflüsse beeinflusst werden. Zudem tritt bei der Differenzreflektometrie das Problem auf, daß sich Farbunterschiede verschiedener Substanzen oft in der gleichen Größenordnung befinden wie Exemplare der gleichen Substanz, wodurch die Selektivität der Diagnosevorrichtung stark beeinträchtigt wird. Ein

30 weiteres Problem ist der hohe Zeitaufwand für die spektrale Auswertung des Reflexionsspektrums, wodurch beispielsweise eine online-Überwachung erschwert wird.

Aus der EP-A1-0 619 100 ist ebenfalls die Kombination einer Diagnosevorrichtung mit einem im UV-Wellenlängenbereich arbeitenden Behandlungslaser bekannt. Gemäß dieser Druckschrift wird jedoch die Diagnose des untersuchten Zahnbereiches durchgeführt, indem die bei der Ablation eines gesunden bzw. kranken Zahnbereiches auftretenden unterschiedlichen Geräusche ausgewertet werden. Ebenso wird vorgeschlagen, das durch den Behandlungslaser entfernte Zahnmaterial zu untersuchen und ggfs. abhängig von der Zusammensetzung des Zahnmaterials den Behandlungslaser zu steuern. Bei dem in der EP-A1-0 619 100 beschriebenen Verfahren ist jedoch insbesondere die minimale Effizienz des Abtrags durch den Behandlungslaser sowie die leichte Beeinflussung der Auswertung durch die Energiedichte am zu untersuchenden Zahnbereich, einem möglicherweise zugeführten Spray oder durch Umgebungsgeräusche problematisch.

Schließlich ist aus der WO 95/27446 ebenfalls die Kombination einer Diagnosevorrichtung mit einer Behandlungsvorrichtung für Zähne bekannt, wobei die bei der Wechselwirkung des Behandlungslaserimpulses mit dem behandelten Zahngewebe entstehenden akustischen Impulse registriert und hinsichtlich einer bestimmten Spitzenamplitude überprüft werden. Abhängig von der Höhe der Spitzenamplitude kann die Art des jeweils bearbeiteten Zahnbereiches bestimmt und ggfs. die Strahlungsenergie des Behandlungslasers der somit ermittelten Gewebeart angepaßt werden. Auf diese Weise kann die Gefahr, dem Patienten bei der Behandlung ein Lasertrauma zuzufügen, verringert werden. Wie bei der EP-A1-0 619 100 ist hier eine Diagnose des zu behandelten Zahnbereiches jedoch nicht ohne Aktivierung des Behandlungslasers und entsprechender Bearbeitung des zu untersuchenden Zahnbereiches möglich. Auch die weiteren zu der EP-A1-0 619 100 genannten Probleme treten bei diesem Verfahren auf.

Der vorliegenden Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, eine Diagnosevorrichtung der eingangs genannten Art derart auszugestalten, daß einerseits die Handhabbarkeit für einen zu behandelnden Zahnarzt verbessert und andererseits ein kranker Zahnbereich zuverlässig erkannt werden kann.



Insbesondere soll zudem vermieden werden, daß ein Patient durch unnötige Ablationsprozesse belastet oder gesunde Zahnschubstanz für die Erkennung des Gewebestandes abgetragen wird.

- 5 Die obengenannte Aufgabe wird erfindungsgemäß durch eine Vorrichtung nach Anspruch 1 gelöst.

Die vorliegende Erfindung kombiniert die eingangs beschriebenen Vorteile der Diagnose von Zahnbereichen durch Auswertung der am untersuchten Zahn angeregten Fluoreszenzstrahlung mit einem Behandlungslaser. Die Anregungsstrahlung und die
10 Behandlungslaserstrahlung werden bevorzugt über ein und dieselbe Lichtleiteranordnung dem zu untersuchenden bzw. behandelnden Zahnbereich zugeführt, -wobei vorteilhafterweise die Behandlungslaserstrahlung erst nach Erkennen eines kranken Zahnbereiches aktiviert wird. Ebenso sind getrennte Lichtleiter für die Anregungs- bzw.
15 Behandlungslaserstrahlung möglich. Außerdem besteht die Möglichkeit, die Behandlungslaserstrahlung einem Handstück zuzuführen, in welchem diese Strahlung auf das zu untersuchende Gewebe weitergeleitet wird, und in diesem Handstück die Anregungsstrahlung zu erzeugen sowie darin die Detektion der Fluoreszenzstrahlung zu integrieren bzw. die Fluoreszenzstrahlung dem Grundgerät zuzuführen.

20

Die an dem Zahnbereich angeregte Fluoreszenzstrahlung wird erfaßt und ausgewertet. Nach Erkennen eines kranken Zahnbereiches kann der Benutzer den Behandlungslaser wahlweise hinzuschalten. Alternativ kann auch vorgesehen sein, daß die Vorrichtung selber die Auswertung der Fluoreszenzstrahlung übernimmt und automatisch den
25 Behandlungslaser aktiviert, wenn ein erkranktes Zahngewebe erkannt worden ist. Der Schwellen-Signalpegel, welcher zur Differenzierung zwischen einem kranken und gesunden Zahngewebe vorgegeben ist, kann von dem Behandler definierbar sein.

Die Kombination eines Behandlungslasers mit einer Fluoreszenzstrahlungserfassung ist
30 bisher nicht bekannt. Die erfindungsgemäß vorgeschlagene Vorrichtung weist jedoch insbesondere die Vorteile auf, daß sie einfach aufgebaut ist und außerdem hinsichtlich des eingangs genannten Standes der Technik eine wesentlich verbesserte Detektionssicherheit

- aufweist. Des weiteren muß im Gegensatz zu der EP-A1-0 619 100 und der WO 95/27446 für die Diagnose eines zu untersuchenden Zahnbereiches nicht zunächst eine Ablation, d.h. ein Abtrag, an dem untersuchten Zahn erfolgen. Insbesondere ist die Anwendung der erfindungsgemäßen Vorrichtung vorteilhaft für die Steuerung des Konkrementabtrags im
- 5 Rahmen einer Paradontaltherapie, da die an Konkrementen angeregte Fluoreszenzstrahlung starke Unterschiede gegenüber gesunden Zahnbereichen aufweist, so daß sich eine Selektivität des Abtrages von Konkrementen mit wesentlich verbesserter Betriebssicherheit erreichen läßt.
- 10 Neben den zuvor beschriebenen Vorteilen wird des weiteren sichergestellt, daß ein behandelnder Zahnarzt mit einer einzigen Vorrichtung sowohl eine Diagnose als auch eine Behandlung von Zähnen bzw. Zahngewebe durchführen kann. Durch einfaches Hinzuschalten des Behandlungslasers, beispielsweise mit Hilfe eines Fußschalters oder eines in einem Handgerät angeordneten Schalters, kann der Behandlungslaser wahlweise
- 15 zusätzlich mit der Anregungsstrahlung zum Anregen des Fluoreszenzspektrums auf einen Zahnbereich gerichtet werden. Durch ständige Überwachung des an dem gleichzeitig behandelten Zahnbereich angeregten Fluoreszenzspektrums kann der Zahnarzt kontinuierlich feststellen, ob der Gesundheitszustand des Zahnes wiederhergestellt werden konnte.
- 20 Im Gegensatz zu dem oben beschriebenen Standder Technik, der ebenfalls eine Diagnosevorrichtung mit einem Behandlungslaser kombiniert, wird gemäß der vorliegenden Erfindung keine Reflexionsstrahlung, sondern die an dem bestrahlten Zahngewebe angeregte Fluoreszenzstrahlung ausgewertet, wodurch die
- 25 Diagnosegenauigkeit erhöht ist.
- Die Unteransprüche beschreiben weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der vorliegenden Erfindung.
- 30 Die Erfindung wird nachfolgend anhand eines bevorzugten Ausführungsbeispiels näher beschrieben.

Fig. 1 zeigt den prinzipiellen Aufbau eines bevorzugten Ausführungsbeispiels der vorliegenden Erfindung,

5 Fig. 2 zeigt eine Querschnittsansicht der in Fig. 1 dargestellten Lichtleiteranordnung entlang der in Fig. 1 gezeigten gestrichelten Linie, und

Fig. 3 zeigt den prinzipiellen Aufbau einer bekannten Diagnosevorrichtung, welche die an einem untersuchten Zahn angeregte Fluoreszenzstrahlung auswertet.

10

Fig. 1 zeigt ein bevorzugtes Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Vorrichtung.

Gemäß Fig. 1 umfaßt die erfindungsgemäße Vorrichtung ein Grundgerät 15, welches eine Diagnose-Laserlichtquelle 1 beinhaltet. Diese Diagnose-Laserlichtquelle 1 erzeugt im wesentlichen monochromatisches Licht, wobei die von der Diagnose-Laserlichtquelle 1 abgegebene Lichtstrahlung auch eine geringe Bandbreite von beispielsweise 70 nm aufweisen kann. Die von der Diagnose-Laserlichtquelle 1 erzeugte Strahlung dient als Anregungsstrahlung, welche an einem zu untersuchenden Zahnbereich 6 eines Zahnes 5 eine Fluoreszenzstrahlung anregt, die - wie noch zu beschreiben ist - ausgewertet wird.

20 Durch Versuche hat sich gezeigt, daß bei einem Anregungswellenlängenbereich zwischen 600 nm und 700 nm an dem damit bestrahlten Zahnbereich 6 eine Fluoreszenzstrahlung mit einer Wellenlänge zwischen 650 und 850 nm angeregt wird, wobei bei diesem Fluoreszenzspektrumbereich ein besonders vorteilhafter großer Abstand zwischen den auszuwertenden Fluoreszenzintensitäten von erkrankten und gesunden Zahnbereichen

25 auftritt. Das mit Wellenlängen im Bereich zwischen 650 und 850 nm auftretende Fluoreszenzspektrum kann somit besonders einfach und zuverlässig ausgewertet werden, um unmittelbar anhand des erfaßten Fluoreszenzspektrums kranke Zahngewebereiche erkennen zu können. Eine Anregungsstrahlung der Diagnose-Laserlichtquelle 1 im Bereich zwischen 600 nm und 700 nm ist daher besonders vorteilhaft.

30

Wie in Fig. 1 dargestellt ist, wird die von der Diagnose-Laserlichtquelle 1 erzeugte Anregungsstrahlung über eine Linsenanordnung 3 in eine Lichtleiteranordnung 4

eingekoppelt, so daß die in der Lichtleiteranordnung 4 geführte Anregungsstrahlung 2 auf den gewünschten Zahnbereich 6 eines zu untersuchenden Zahnes 5 gerichtet werden kann. An dem somit bestrahlten Zahnbereich wird eine Fluoreszenzstrahlung 7 angeregt, welche von der Lichtleiteranordnung 4 erfaßt und zu dem Grundgerät 15 zurückgeführt wird.

5 Über einen Strahlteiler 13 wird in dem Grundgerät 15 die auf diese Weise erfaßte Fluoreszenzstrahlung 7 ausgekoppelt und einer Erfassungseinrichtung 10 zugeführt, die beispielsweise eine Sensoranordnung zum Messen der Fluoreszenzstrahlung beinhaltet. Mit der Erfassungseinrichtung 10 ist eine Anzeigeeinrichtung 12 verbunden, die optisch oder akustisch die von der Erfassungseinrichtung 10 gemessene Fluoreszenzstrahlungsintensität

10 ausgibt, so daß der behandelte Zahnarzt durch Überwachung dieser Meßwertanzeige „online“, d.h. ohne zeitliche Verzögerung, den Gesundheitszustand des untersuchten Zahnbereiches 6 diagnostizieren kann, da zwischen kranken und gesunden Zahnbereichen deutliche Unterschiede in dem an dem bestrahlten Zahnbereich 6 angeregten Fluoreszenzspektrum auftreten. Bei den kranken Zahnbereichen kann es sich beispielsweise

15 um erkranktes Dentin oder Zahnschmelz mit Kariesbefall, Konkremente, Zahnstein, infiziertes Gewebe des Wurzelkanals, infizierte Mundschleimheit oder infiziertes Pulpengewebe handeln.

Allgemein sei darauf hingewiesen, daß durch Auswertung der Fluoreszenzstrahlung eine

20 zuverlässige Diagnose sowohl von Hart- als auch von Weichgewebe möglich ist.

Alternativ zu der zuvor beschriebenen Ausführungsform kann auch vorgesehen sein, daß die Erfassungseinrichtung 10 selber die Auswertung der erfaßten Fluoreszenzstrahlung übernimmt und automatisch oder nach Vorwahl eines Schwellen-Signalpegels zur

25 Unterscheidung zwischen kranken und gesunden Zahnbereichen entscheidet, ob es sich bei dem untersuchten Zahnbereich 6 um krankes oder gesundes Zahngewebe handelt. Im Falle eines kranken Zahngewebes kann die Erfassungs- und Auswertungseinrichtung 10 beispielsweise ein optisches oder akustisches Warnsignal über die Anzeigeeinrichtung 12 ausgeben. Des weiteren kann die Erfassungs- und Auswertungseinrichtung 10 mit dem

30 Diagnoselaser 1 kombiniert bzw. darin integriert ausgebildet sein.

Die Erfassung der an dem Zahnbereich 6 angeregten Fluoreszenzstrahlung wird nachfolgend unter Bezugnahme auf Fig. 2 erläutert. Fig. 2 zeigt eine Querschnittsansicht entlang der in Fig. 1 dargestellten gestrichelten Linie der Lichtleiteranordnung 4. Die Lichtleiteranordnung 4 umfaßt vorteilhafterweise mindestens eine Lichtleitfaser 4a, um die Anregungsstrahlung 2 der Diagnose-Laserlichtquelle 1 von dem Grundgerät 15 zu dem Handgerät 16 zu führen. Des weiteren umfaßt die Lichtleiteranordnung 4 mindestens eine weitere Lichtleitfaser 4b, welche die an dem Zahnbereich 6 angeregte Fluoreszenzstrahlung 7 erfaßt und dem Grundgerät 15 zuführt. Die Lichtleiteranordnung 4 kann jedoch auch jeweils mehrere abwechselnd zueinander angeordnete Bestrahlungslichtleitfasern 4a und Erfassungslichtleitfasern 4b aufweisen. Insbesondere vorteilhaft ist die in Fig. 2 gezeigte Anordnung, wobei mehrere Erfassungslichtleitfasern 4b konzentrisch um eine einzige Bestrahlungslichtleitfaser 4a angeordnet sind, so daß auf diese Weise die Detektionssicherheit und Detektionsgenauigkeit der Erfassungslichtleitfasern 4b hinsichtlich der an dem Zahnbereich 6 angeregten Fluoreszenzstrahlung erhöht und stabilisiert werden kann. Vorteilhafterweise werden die Durchmesser der Bestrahlungslichtleitfaser 4a sowie der Erfassungslichtleitfasern 4b derart gewählt, daß sich durch die in Fig. 2 gezeigte Anordnung eine nahezu vollständig ausgefüllte Querschnittsfläche der Lichtleiteranordnung 4 ergibt, wobei die Erfassungslichtleitfasern 4b in einem geschlossenen Kreis um die einzige Bestrahlungslichtleitfaser 4a angeordnet sind.

Alternativ hierzu kann die Lichtleitfaser für die Übertragung der Anregungsstrahlung sowie der Fluoreszenzstrahlung ein und dieselbe Faser sein.

Erfindungsgemäß weist die Vorrichtung eine mit der Diagnose-Laserlichtquelle 1 kombinierte Behandlungs-Laserlichtquelle 11 auf, die beispielsweise durch einen Er:YAG-Laser gebildet sein kann. Dieser Behandlungslaser 11 erzeugt insbesondere eine Behandlungslaserstrahlung im infraroten Bereich zwischen 2,5 μm und 3,5 μm . Bei Aktivierung des Behandlungslasers 11 wird die von dem Behandlungslaser 11 erzeugte Behandlungslaserstrahlung ebenfalls über den Strahlteiler 13 und die Einkopplungslinsenordnung 3 der Lichtleiteranordnung 4 zugeführt. Insbesondere wird die Behandlungslaserstrahlung unter Bezugnahme auf Fig. 2 über dieselbe

Bestrahlungslichtleitfaser 4a wie die Anregungsstrahlung des Diagnoselasers 1 oder über dieselbe Faser, welche die Fluoreszenzstrahlung überträgt, übertragen und dem zu behandelnden Zahnbereich 6 zugeführt, so daß keine zusätzlichen Lichtleitfasern innerhalb der Lichtleiteranordnung 4 für die Behandlungslaserstrahlung notwendig sind. Alternativ
5 können jedoch auch zusätzliche Lichtleitfasern zum Übertragen der Behandlungslaserstrahlung innerhalb der Lichtleiteranordnung 4 vorgesehen sein, wobei diese zusätzlichen Lichtleitfasern innerhalb des Handstücks 16 derart anzuordnen sind, daß sie vorteilhafterweise auf denselben Zahnbereich 6 gerichtet sind, der mit der Anregungsstrahlung des Diagnoselasers 1 bestrahlt wird.

10

Zur Diagnose des Zahnbereiches 6 wird zunächst nur der Diagnoselaser 1 betrieben. Nachdem der behandelnde Zahnarzt beispielsweise durch Überwachen der Anzeigeeinrichtung 12 einen kranken Zahnbereich erkannt hat, kann er durch einfache Betätigung eines Schalters 14 den Behandlungslaser 11 aktivieren, um beispielsweise den
15 krankhaften Befall des untersuchten Zahnbereiches 6 zu entfernen. Der Schalter 14 ist vorteilhafterweise als Fußschalter ausgestaltet, so daß der Behandlungslaser 11 aktiviert bzw. deaktiviert werden kann, ohne daß das Handstück 16 von dem Zahnbereich 6 entfernt werden müßte. Alternativ kann jedoch der Schalter 14 auch an dem Handstück 16 vorgesehen sein, wobei der Schalter 14 über entsprechende elektrische Leitungen in der
20 Lichtleiteranordnung 4 mit dem Behandlungslaser 11 zu verbinden ist.

Gemäß dem in Fig. 1 gezeigten bevorzugten Ausführungsbeispiel ist jedoch zusätzlich vorgesehen, daß die Erfassungs- und Auswertungseinrichtung 10 automatisch bzw. nach Vorgabe eines entsprechenden Entscheidungspegels durch den Behandler die erfaßte
25 Fluoreszenzstrahlung 7 des untersuchten Zahnbereiches 6 auswertet und automatisch auf das Vorhandensein bzw. Nichtvorhandensein eines kranken, beispielsweise kariösen Zahnbereiches schließt. Nach Erkennen eines kranken Zahnbereiches und Betätigen des Fußschalters 14 steuert die Erfassungs- und Auswertungseinrichtung 10 automatisch den Behandlungslaser 11 an und aktiviert diesen, um den untersuchten Zahnbereich 6 zu
30 behandeln und den krankhaften Befall zu entfernen. Dabei überwacht die Erfassungs- und Auswertungseinrichtung 10 weiterhin ständig die an dem behandelten Zahnbereich 6 angeregte Fluoreszenzstrahlung 7, so daß die Erfassungs- und Auswertungseinrichtung 10

kontinuierlich feststellen kann, ob der kariöse Befall durch die von dem Behandlungslaser 11 erzeugte Behandlungslaserstrahlung entfernt werden konnte. In diesem Fall wird über die in Fig. 2 gezeigte Bestrahlungslichtleitfaser 4a sowohl die Anregungsstrahlung des Diagnoselasers 1 als auch die Behandlungslaserstrahlung des Behandlungslasers 11 gleichzeitig übertragen. Sobald die Erfassungs- und Auswertungseinrichtung 10 erkannt hat, daß der Gesundheitszustand des behandelten Zahnbereiches 6 wiederhergestellt werden konnte, deaktiviert sie den Behandlungslaser 11.

Erfindungsgemäß können somit an einem zu behandelnden Zahnbereich 6 überflüssige Ablationsprozesse vermieden werden.

Die Erfassungs- und Auswertungseinrichtung 10 kann wahlweise auch direkt in dem Handstück 16 angeordnet sein, wobei in diesem Fall eine entsprechende Verbindung des Handstücks 16 mit dem Grundgerät 15 über elektrische Leitungen notwendig wäre.

Alternativ zu dem in Fig. 1 dargestellten Ausführungsbeispiel kann für die Behandlungslaserstrahlung des Behandlungslasers 11 auch eine separate Lichtleiteranordnung vorgesehen sein, die erst in dem Handstück 16 mit der Lichtleiteranordnung 4 für die Anregungsstrahlung des Diagnoselasers 1 kombiniert und somit auf denselben Zahnbereich 6 gerichtet wird.

ANSPRÜCHE

1. Vorrichtung zur Diagnose des Gesundheitszustandes von Zahngewebe,
 5 mit einer ersten Lichtquelle (1) zum Erzeugen einer Anregungsstrahlung (2), welche über eine Lichtleiteranordnung (4) auf einen zu untersuchenden Zahngewebebereich (6) zu richten ist und an dem Zahngewebebereich (6) eine Fluoreszenzstrahlung (7) anregt, und mit Erfassungsmitteln (4b, 10) zum Erfassen der Fluoreszenzstrahlung (7),
gekennzeichnet durch
 10 eine zweite Lichtquelle (11) zum Erzeugen einer Behandlungslaserstrahlung, die ebenfalls über eine Lichtleiteranordnung auf den zu untersuchenden Zahngewebebereich (6) zu richten ist.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1,
 15 **dadurch gekennzeichnet,**
 daß die für die Übertragung der Anregungsstrahlung (7) und/oder Fluoreszenzstrahlung vorgesehene Lichtleiteranordnung und die für die Übertragung der Behandlungslaserstrahlung vorgesehene Lichtleiteranordnung durch ein und dieselbe Lichtleiteranordnung (4) gebildet sind.
 20

3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2,
gekennzeichnet durch
 Ausgabemittel (12) zum optischen oder akustischen Ausgeben der von den Erfassungsmitteln (4b, 10) erfaßten Fluoreszenzstrahlungsintensität.
 25

4. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
gekennzeichnet durch
 eine Auswertungseinrichtung (10), welche die erfaßte Fluoreszenzstrahlung (7) auswertet und automatisch auf das Vorhandensein eines kranken oder gesunden
 30 Zahngewebebereiches (6) schließt.

5. Vorrichtung nach Anspruch 3 und 4,
dadurch gekennzeichnet,
daß die Ausgabemittel (12) eine entsprechende Information ausgeben, falls die Auswertungseinrichtung (10) den mit der Anregungsstrahlung (2) bestrahlten
5 Zahngewebebereich als krank erkannt hat.

6. Vorrichtung nach Anspruch 4 oder 5,
dadurch gekennzeichnet,
daß die Auswertungseinrichtung (10) die zweite Lichtquelle (11) automatisch aktiviert,
10 falls der mit der Anregungsstrahlung (2) bestrahlte Zahngewebebereich (6) von der Auswertungseinrichtung (10) als krank erkannt worden ist.

7. Vorrichtung nach Anspruch 6,
dadurch gekennzeichnet,
15 daß die Auswertungseinrichtung (10) einen kranken Zahngewebebereich (6) anhand eines vorgebbaren Schwellen-Signalpegels zur Unterscheidung zwischen gesunden und kranken Zahngewebebereichen erkennt.

8. Vorrichtung nach Anspruch 6 oder 7,
20 dadurch gekennzeichnet,
daß die Auswertungseinrichtung (10) die zweite Lichtquelle (11) nur so lange aktiviert, wie sie aufgrund der ihr zugeführten Fluoreszenzstrahlung (7) des untersuchten Zahngewebebereiches (6) auf das Vorliegen eines kranken Zahngewebebereiches schließt.

25 9. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
gekennzeichnet durch
eine Schalteinrichtung (14) zum wahlweise Ein- und Ausschalten der zweiten Lichtquelle (11).

30 10. Vorrichtung nach Anspruch 9,
dadurch gekennzeichnet,

daß die Schalteinrichtung (14) durch einen Fußschalter gebildet ist.

11. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 2 - 10,

dadurch gekennzeichnet,

- 5 daß die Erfassungsmittel mindestens eine in der Lichtleiteranordnung (4) angeordnete Erfassungslichtleitfaser (4b) umfassen.

12. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 2 - 11,

dadurch gekennzeichnet,

- 10 daß die Lichtleiteranordnung (4) mindestens eine Bestrahlungslichtleitfaser (4a) zum Übertragen sowohl der Anregungsstrahlung (2) als auch der Behandlungslaserstrahlung aufweist.

13. Vorrichtung nach Anspruch 11 und 12,

- 15 **dadurch gekennzeichnet,**

daß die Lichtleiteranordnung (4) eine Bestrahlungslichtleitfaser (4a) und mehrere konzentrisch um die Bestrahlungslichtleitfaser (4a) angeordnete Erfassungslichtleitfasern (4b) aufweist.

- 20 14. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 11 bis 13,

gekennzeichnet durch

Kopplungsmittel (3, 13), die einerseits die Anregungsstrahlung (2) und die Behandlungslaserstrahlung in die Lichtleiteranordnung (4) einkoppeln und andererseits die erfaßte Fluoreszenzstrahlung (7) des untersuchten Zahngewebebereiches (6) aus der
25 Lichtleiteranordnung (4) auskoppeln.

15. Vorrichtung nach Anspruch 14,

dadurch gekennzeichnet,

- 30 daß die Kopplungsmittel eine Linsenanordnung (3) umfassen, um die Anregungsstrahlung (2) und die Behandlungslaserstrahlung in die Lichtleiteranordnung (4) einzukoppeln, sowie eine Strahlteileranordnung (13), um die erfaßte Fluoreszenzstrahlung (7) auszukoppeln.

16. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 2 bis 13,
dadurch gekennzeichnet,
daß die Lichtleiteranordnung (4) zumindest teilweise in einem zahnärztlichen Handstück
5 (16) angeordnet ist.

17. Vorrichtung nach Anspruch 16,
dadurch gekennzeichnet,
daß die Auswertungseinrichtung (10) in dem Handstück (16) angeordnet ist und elektrisch
10 mit einem Grundgerät (15) verbunden ist, welches die erste und zweite Lichtquelle (1, 11)
umfaßt.

18. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
15 daß die erste Lichtquelle (1) als Anregungsstrahlung (2) eine Laserstrahlung mit einer
Wellenlänge im Bereich 600 bis 700 nm erzeugt.

19. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
20 daß die zweite Lichtquelle (11) ein Er:YAG-Laser ist, der die Behandlungslaserstrahlung
mit einer Wellenlänge im Bereich zwischen 2,5 µm und 3,5 µm erzeugt.

03.04.95

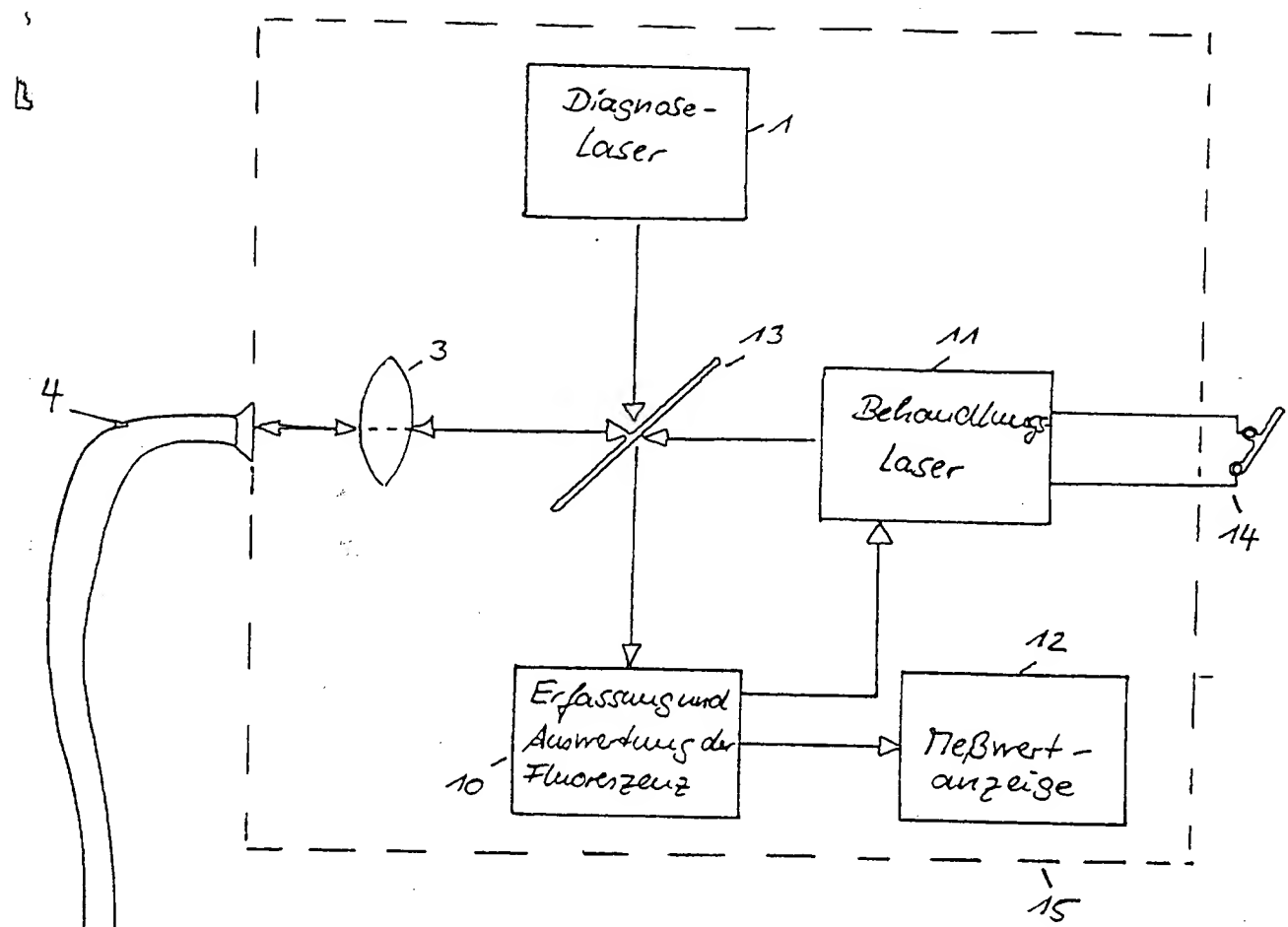


Fig. 1

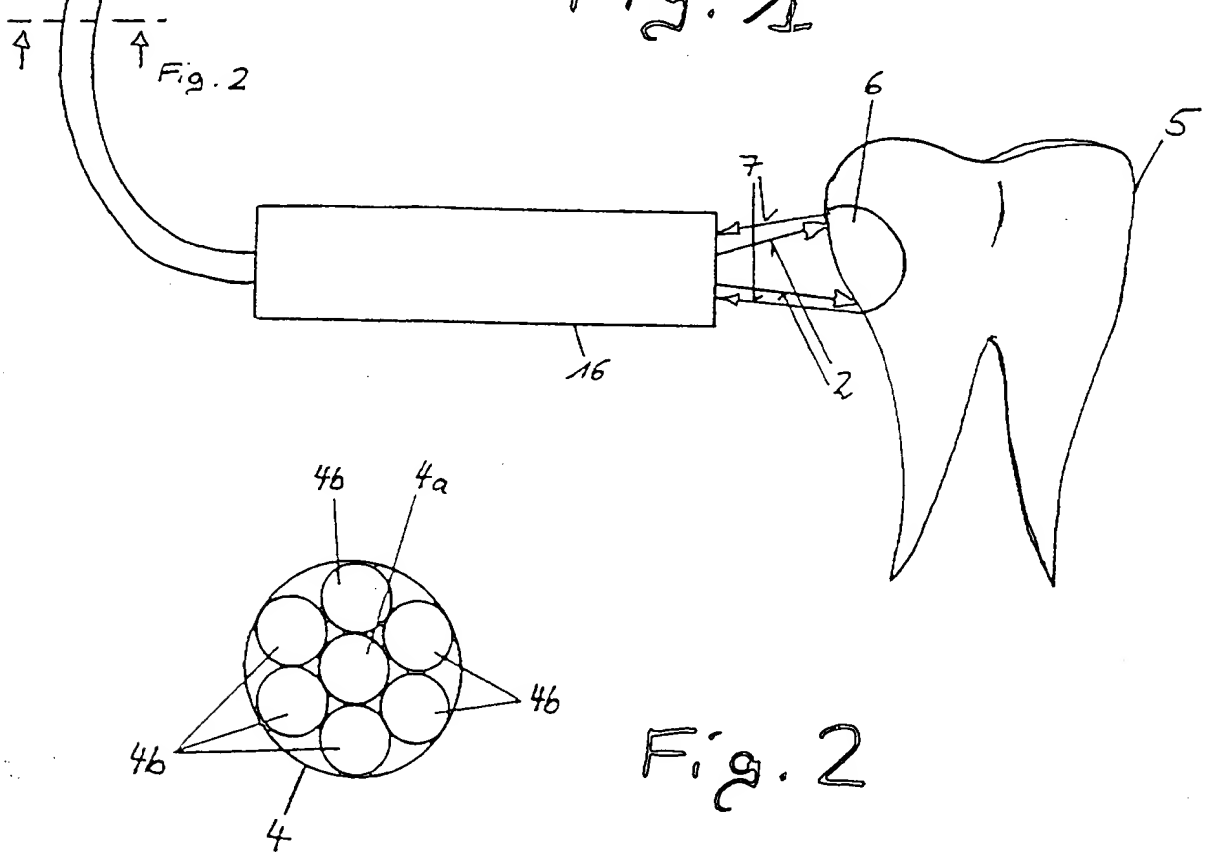


Fig. 2

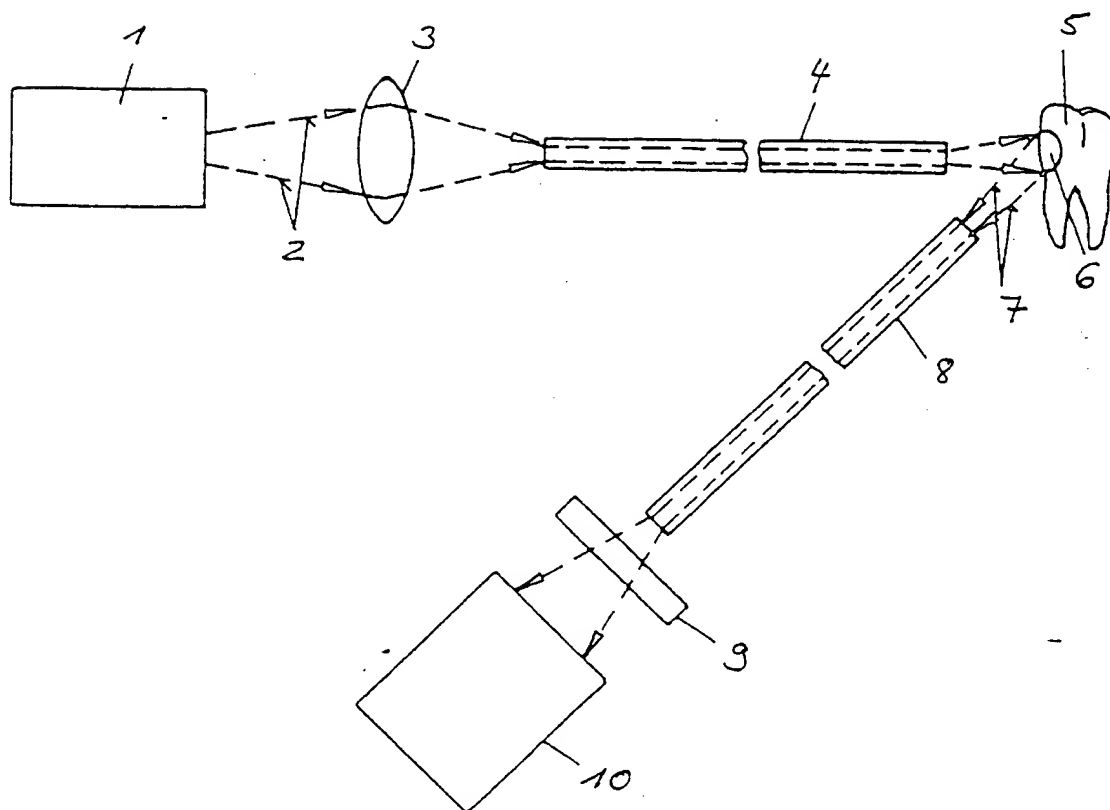


Fig. 3
(Stand der Technik)